A REDUÇÃO DA EMISSÃO DOS GASES DO EFEITO ESTUFA DECORRENTE DA EFICIENTIZAÇÃO ENERGÉTICA DE UMA ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO DE ÁGUA

Francisco Helder Andrade[(1)]
Tecnólogo em Eletromecânica (Instituto Centro de Ensino Tecnológico - Ce). Especialista em Saneamento Básico (Universidade de Fortaleza). Mestrando em Climatologia (Universidade Estadual do Ceará). Coordenador de Operação Industrial da Unidade de Negócio da Bacia do Baixo e Médio Jaguaribe – Cagece.
Joaquim José de Lima Júnior[(2)]
Engenheiro Eletricista (Universidade Federal do Ceará – UFC). Especialista em Engenharia de segurança do trabalho (Universidade Cândido Mendes). Mestrando em Climatologia (Universidade Estadual do Ceará). Engenheiro de Operação, Manutenção e Controle da Cagece.
Jerciano Leitão de Sena[(3)]
Tecnólogo em Eletromecânica (Instituto Centro de Ensino Tecnológico - Ce). Especialista em Hidrometria (Faculdade de Tecnologia Centec), Especialista em Energias Renováveis. (Instituto Centro de Ensino Tecnológico – Ce). Supervisor de Eletromecânica da Unidade de Negócio da Bacia do Baixo e Médio Jaguaribe – Cagece.
Luciano Mucci Maia Kfuri[(4)]
Tecnólogo em Eletromecânica (Instituto Centro de Ensino Tecnológico - Ce). Especialista em Engenharia de Produção (Instituto Centro de Ensino Tecnológico – Ce). Técnico de Manutenção, Operação e Controle da Unidade de Negócio da Bacia do Baixo e Médio Jaguaribe – Cagece.
Renato Régis de Melo [(5)]
Tecnólogo em Eletromecânica (Instituto Centro de Ensino Tecnológico - Ce), Bacharel em Engenharia Cívil(Instituto Federal do Ceará). Especialista em Saneamento Básico (Universidade de Fortaleza). Supervisor de Combate a Perdas e Medição da Unidade de Negócio da Bacia do Baixo e Médio Jaguaribe.

Endereço[(1)]**:** Av. João Andrade Nantua, 2753 – Bento Pereira – Morada Nova - Ceará - CEP: 62940-000 - Brasil - Tel: +55 (88) 9 9603-0073 – e-mail: helder.andrade@cagece.com.br

RESUMO

Reduzir a emissão de gases de efeito estufa nos processos de geração e consumo de energia é um dos maiores desafios do mundo contemporâneo, pois conforme o último relatório que sintetiza o conhecimento sobre as bases físicas das ciências relacionadas ao clima, deixa claro que as ações antrópicas já estão afetando muitos extremos climáticos e meteorológicos em todo o planeta. A redução do ritmo do aquecimento global passa necessariamente pelo uso responsável e eficiente da energia, sendo assim as ações de eficientização são tão importantes quanto a expansão das energias renováveis. O setor de Saneamento básico, responsável pelo consumo de quase 3% de toda energia elétrica no planeta, também pode contribuir com as citadas ações de mitigação. A energia cujo consumo é evitado, oriunda das ações de eficientização energética, quando relacionada com os impactos gerados pela matriz elétrica brasileira para geração de energia (tCO_2/GWh), nos permite estimar o quanto de emissões de gases do efeito estufa deixaram de ser emitidos. No caso estudado, a estação de bombeamento conseguiu evitar o consumo de aproximadamente 16.583 kWh/mês que resultará na redução de 17 toneladas de CO_2 por ano.

PALAVRAS-CHAVE: Eficientização, Saneamento, Efeito estufa.

INTRODUÇÃO

Os efeitos provocados pelo aquecimento global já podem ser observados nos dias atuais, efeitos estes provocados por ações antrópicas com destaque para o uso de combustíveis fósseis que se intensificaram desde a revolução industrial e que são apontados como a principal causa do aumento do efeito estufa, que vem provocando sérias mudanças em todo o planeta, como a ocorrência de efeitos extremos de secas, chuvas intensas, desertificação em algumas regiões, aumento dos níveis oceânicos, pondo em risco a subsistência de várias espécies e até mesmo ameaçando a espécie humana. Diante deste cenário, que não pode mais ser negado, muitos países estão fazendo grandes esforços para substituir o uso de combustíveis fósseis como carvão, petróleo e gás natural por novas formas de produzir energia que tragam menos impactos ao meio ambiente, como a as energias solar e eólica, além das ações de eficientização no uso da energia.

De acordo com o Sexto Relatório de Avaliação (AR6, em inglês) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), divulgado no mês de agosto de 2021 em Genebra, na Suíça, reunindo as principais conclusões da contribuição do Grupo de Trabalho I do órgão, publicação esta que sintetiza o conhecimento sobre as bases físicas das ciências relacionadas ao clima e não deixa dúvida de que a ação humana, por meio da emissão de gases que potencializam o efeito estufa, originados principalmente pela queima de combustíveis fósseis para geração de energia e, especialmente no Brasil, por mudanças no uso e cobertura da terra (desflorestamento), aqueceu o sistema climático e que estão ocorrendo mudanças generalizadas, rápidas e irreversíveis. Enquanto o quinto relatório do IPCC AR5 (2013) reportava ser "extremamente provável" que a influência humana fosse a causa preponderante do aquecimento observado desde meados do século XX, o IPCC AR6 (2021) trata como "inequívoco" que a mudança climática induzida pelo homem já está afetando muitos extremos climáticos e meteorológicos em todo o planeta.

A mitigação visa limitar as emissões de GEE resultantes das atividades humanas, com o objetivo de reduzir a velocidade das mudanças climáticas e evitar consequências adversas para a sociedade e os ecossistemas. As pesquisas nessa área têm focado no desenvolvimento de tecnologias mais eficientes e na adoção de fontes de energias renováveis ou de reduzidos impactos ao meio ambiente, uma vez que a maior parte das emissões globais de GEE provém da queima de combustíveis fósseis para produção de energia.

Dada a alta participação de fontes renováveis em sua matriz energética, o Brasil enfrenta desafios específicos na mitigação das emissões de GEE. O país dispõe de uma ampla gama de alternativas, cada uma com diferentes custos e benefícios, e precisa optar pelas ações mais custo-efetivas para alcançar suas metas de mitigação.

A redução do ritmo do aquecimento global passa necessariamente pelo uso responsável e eficiente da energia, pois ao utilizarmos menos matérias-primas e as convertermos em energia eficientemente, poderemos reduzir a emissão de gases de efeito estufa. Dois dos parâmetros mais importantes para a proteção do clima são, portanto, a expansão das energias renováveis, por exemplo energia solar ou eólica, e a melhoria da eficiência energética. A eficiência energética pode ser compreendida como a energia gasta para alcançar um resultado específico, tal como iluminar uma sala ou resfriar alimentos (no refrigerador) e para isto, mais ou menos energia pode ser necessária para produzir o mesmo efeito. Um equipamento pode, portanto, ser considerado mais eficiente se consumir menos energia para alcançar o mesmo resultado.

Segundo Gomes (2009) o consumo de energia elétrica no setor de saneamento no mundo é de aproximadamente 3% e no Brasil, no ano de 2008, este setor consumiu entre 2 e 3% de toda a energia elétrica no nosso país, o que representa, geralmente, o terceiro maior custo das empresas prestadoras de serviços de saneamento (públicas e privadas), precedido somente pelo custo com mão de obra própria e terceirizada. Os custos com energia elétrica em determinados sistemas de abastecimento de água podem representar uma parcela de até 90% das despesas totais de exploração, sendo grande parte destas, resultado de desperdício. Esses números destacam a importância das ações de eficientização energética no setor, uma vez que a viabilidade econômica facilita suas implementações e potencializam os benefícios na redução dos impactos ambientais provenientes.

O uso de motobombas mais eficientes reduz diretamente a demanda requerida ao setor elétrico, reduzindo assim, os impactos ambientais em toda a cadeia do processo de geração de energia elétrica, desde os que geram mais impactos, como termelétricas, até tecnologias de baixo teor de carbono, como a energia solar, uma

vez que o sistema elétrico brasileiro é interligado. Os reflexos positivos desta implementação reduzirão a demanda de energia elétrica requerida do setor primário por parte das empresas de saneamento, o que interfere na redução da emissão de gases de efeito estufa.

A busca pela eficiência é cada vez mais comum e necessária e os benefícios resultantes das medidas de eficientização energéticas realizadas neste setor perpassam as fronteiras das empresas de saneamento básico, uma vez que além de permitirem a redução das tarifas aplicadas à água, também auxiliam na conservação de energia que, por consequência, diminui a necessidade de expansão do sistema elétrico e seus impactos ambientais inerentes, tendo assim relação direta com dois dos dezessete objetivos de desenvolvimento sustentáveis (ODS) estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU): 6 – Água potável e saneamento e 13 – Ação contra a mudança global do clima.

Diante desse contexto, realizou-se uma análise na estação de tratamento de água da cidade de Jaguaribara - Ce, operada pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece), sobre os impactos da redução do consumo de energia elétrica na emissão dos gases de efeito estufa. O objetivo foi evidenciar a vantajosidade do investimento em eficiência energética no setor de saneamento básico e sua relação com a mitigação dos efeitos provocados pelo aquecimento global.

OBJETIVO

Objetivo Geral

- Analisar a redução da emissão dos GEE, decorrentes do aumento da eficiência no uso de energia elétrica em uma estação de bombeamento de água.

Objetivos Específicos

- Analisar estudo de caso da ETA Jaguaribara;
- Avaliar o rendimento energético da estação elevatória de água antes e após a substituição dos equipamentos;
- Evidenciar a vantajosidade do investimento em eficiência energética no setor de Saneamento Básico;

METODOLOGIA UTILIZADA

A fim de avaliar a eficiência energética da estação elevatória responsável por recalcar água da estação de tratamento de água (ETA) até o reservatório de distribuição que abastece a sede e mais alguns distritos da cidade de Jaguaribara – Ce foi elaborado um relatório de eficiência energética com base no histórico de consumo de energia da unidade consumidora, registrados no sistema de gestão de energia da Cagece e no volume recalcado por esta estação elevatória entre 02/2022 e 02/2023, comparando os dados de consumo de energia registrados com o consumo energético estimado do novo conjunto motobomba.

Figura 1 - Dados técnicos que justificaram a aquisição dos equipamentos

MÉDIA CONSUMO MENSAL 02/2022 A 02/2023	Atual	Previsto	Diferença
Consumo FP kwh/mês	33.164,74	23248,20	9.916,54
Consumo NP kwh/mês	3.659,57	3195,00	464,57
Demanda Contratada kw	70,00	63,00	7,00
Demanda Registrada kw	74,44	63,00	11,44
Demanda Faturada kw	76,01	63,00	13,01
Consumo Total kwh/mês	36.824,31	26.443,2	10.381,11

Fonte: Elaborada pelo autor.

A citada estação elevatória era composta por 3 conjuntos motobombas de 40cv de potência (Figura 2), operando na condição de dois equipamentos ativos e um reserva, diante da análise foi verificado que para atendimento da demanda do sistema, bastaria um conjunto motobomba de 50cv (Figura 3) e mais um equipamento reserva para garantir a continuidade do abastecimento.

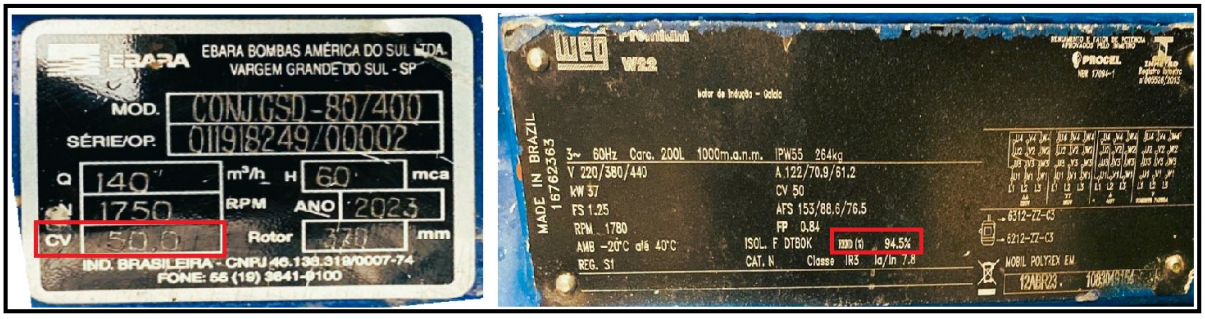
Figura 2 – Placas conjuntos motobombas antigos



Fonte: Foto do autor, .

Diante disso os equipamentos foram adquiridos e no dia 16/02/2024 foi concluída a substituição dos mesmos, sendo assim monitorados os dados de consumo de energia, assim como volumes recalcados, até o dia 31/05/2024.

Figura 3 – Placas conjuntos motobombas novos



Fonte: Foto do autor.

Com os dados dos novos equipamentos foi possível apontar em kWh o consumo de energia evitado e seus impactos na redução da emissão dos gases do efeito estufa (GEE), que serão calculados levando em consideração dados disponibilizados pelo Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE), órgão vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), responsável pelo apontamento e transparência dos dados de emissões de gases de efeito estufa (GEE) do Brasil.

Para definição do fator médio de emissão de dióxido de carbono (CO_2) associada à geração de energia elétrica no Brasil foi considerado o período de 10 anos, sendo considerado o valor médio para este período, ver figura 4.

Figura 4 - Cálculo do fator médio de emissões de CO_2

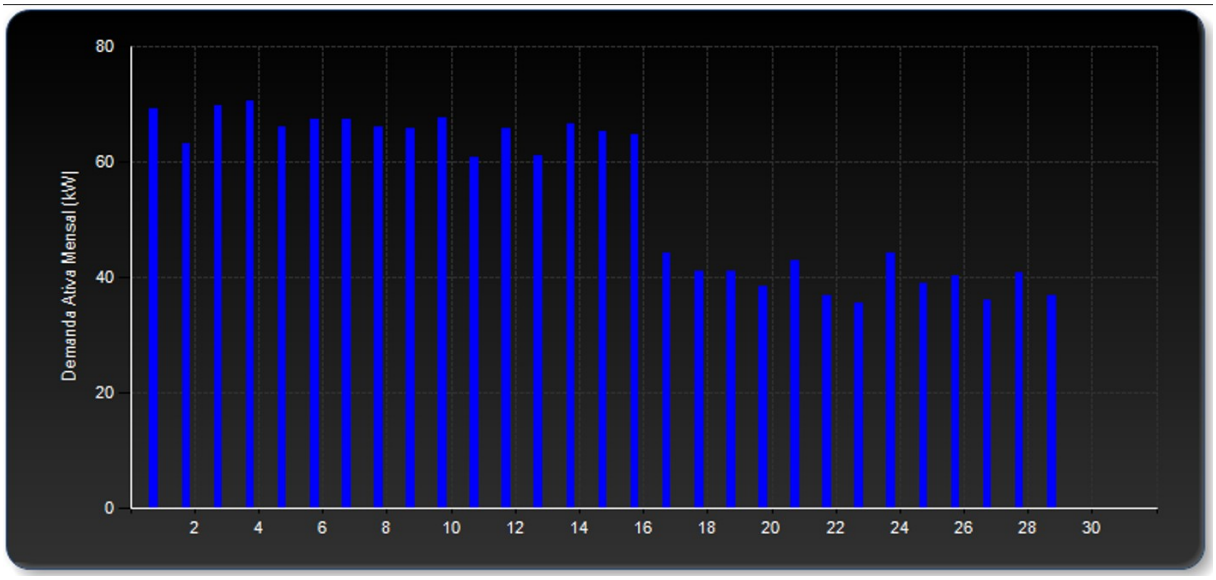
Fator médio anual de geração de gases do efeito estufa, associados à geração de energia elétrica no Brasil	
Ano	**TCO2/MWh**
2014	0,1355
2015	0,1244
2016	0,0817
2017	0,0927
2018	0,0740
2019	0,0750
2020	0,0617
2021	0,1264
2022	0,0426
2023	0,0385
Média últimos 10 anos	**0,0853**

Fonte: Elaborada pelo autor com base nos dados do SIRENE.

RESULTADOS OBTIDOS

A redução da demanda de energia requerida já pôde ser observada no mês de instalação dos novos equipamentos, conforme demonstra a Figura 5 que traz a variação diária da demanda durante o mês de fevereiro de 2024.

Figura 5 – Variação da demanda ativa solicitada da rede elétrica – Fev/2024.



Fonte: Relatório gerado pelo autor, no site da Enel.

A Figura 6 resume os dados operacionais da estação elevatória antes da substituição, no mês de transição e no período após a substituição dos equipamentos.

Figura 6 – Dados operacionais da estação elevatória de água

Histórico de consumo Estação Elevatória			
Ano Mês Operação	Consumo (kWh)	Volume (m³)	Rendimento do Conjunto (η)
2022/02	32.437	56.125	29,2%
2022/03	32.562	54.181	28,1%
2022/04	32.220	56.768	29,7%
2022/05	30.771	54.531	29,9%
2022/06	31.410	54.573	29,3%
2022/07	34.118	53.880	26,7%
2022/08	37.158	58.199	26,4%
2022/09	39.692	62.011	26,4%
2022/10	38.771	69.472	30,2%
2022/11	41.728	70.237	28,4%
2022/12	38.861	63.615	27,6%
2023/01	40.328	65.976	27,6%
2023/02	40.147	65.728	27,6%
2024/02	28.060	61710,02	37,1%
2024/03	19.915	58.331	49,4%
2024/04	18.477	57.162	52,2%
2024/05	20.137	61.070	51,2%

Fonte: Planilha elaborada pelo autor.

Conforme pode ser observado, além dos dados de consumo e volumes, foi acrescentada uma coluna onde o rendimento da estação elevatória é calculado em função do consumo, volume recalcado e a altura manométrica de 62mca. Ver fórmula 1.

$$\eta = \frac{9.8 \cdot V \cdot H}{C \times 3600}$$ fórmula (1)

Onde:

η = Rendimento global do conjunto motobomba, em decimais.
C = Consumo em kWh.
V = Volume em m³.
H = Altura manométrica do bombeamento, em metros de coluna de água.

Para efeito dos cálculos da Figura 6, foram considerados apenas os consumos referente ao bombeamento da estação elevatória de água tratada, sendo descontados os valores de consumo das demais cargas (bombas dosadoras, bombas de lavagem de filtros e iluminação).

ANALISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os dados apresentados na Figura 6 demonstram que os conjuntos motobombas antigos operavam com baixo rendimento energético, variando entre 26,4% e 30,2% e que após a substituição dos mesmos os rendimentos passaram a variar entre 49,4% e 52,2%.
A variação do consumo em kWh está discriminada na Figura 7, a seguir:

Figura 7 – Comportamento do consumo da estação, em kWh

Variação Consumo em kWh		
Ano Mês Operação	**Consumo (kWh)**	**Média de consumo (kWh)**
2022/02	32.437	36.169
2022/03	32.562	
2022/04	32.220	
2022/05	30.771	
2022/06	31.410	
2022/07	34.118	
2022/08	37.158	
2022/09	39.692	
2022/10	38.771	
2022/11	41.728	
2022/12	38.861	
2023/01	40.328	
2023/02	40.147	
2024/02	28.060	
2024/03	19.915	19.510
2024/04	18.477	
2024/05	20.137	
Redução em kWh em relação à média 13 meses		**-16.660**

Fonte: Elaborada pelo autor.

Analisando os dados de consumo de energia da estação elevatória, observamos que a substituição dos equipamentos propiciou uma redução média mensal de 16.660kWh, em relação à média do período de 13 meses utilizados quando da realização da justificativa técnica para substituição dos equipamentos.

A figura 8, traz a comparação do consumo registrado pelo novo equipamento com os mesmos períodos sazonais de 2022 e 2023. Em ambos os casos o consumo evitado permanece elevado.

Figura 8 – Comparação do consumo no mesmo período sazonal

Variação Consumo em kWh – Sazonal		
Ano Mês Operação	**Consumo (kWh)**	**Média de consumo (kWh)**
2022/03	32.562	31.851
2022/04	32.220	
2022/05	30.771	
2023/03	36.329	36.093
2023/04	37.631	
2023/05	34.318	
2024/02	28.060	
2024/03	19.915	19.510
2024/04	18.477	
2024/05	20.137	
Redução em kWh em relação a 2022		-12.341
Redução em kWh em relação a 2023		-16.583

Fonte: Elaborada pelo autor.

Considerando a redução em kWh em relação a 2023 (mesmo período sazonal), usando o fator médio de emissão de dióxido de carbono (CO_2) associada à geração de energia elétrica no Brasil, explicitado na figura 4 (Cálculo do fator médio de emissões de CO_2), podemos estimar o quanto dos gases do efeito estufa serão evitados por esta ação de eficientização energética pelo período de um ano. A figura 9 detalha o cálculo em tCO_2/MWh evitados:

Figura 9 – Cálculo das toneladas de CO_2 evitadas

Redução mensal (kWh)	Período (mês)	Consumo (MWh)	Fator médio TCO_2/MWh	Toneladas de CO_2 evitadas
16.583	12	199	0,0853	16,97

Fonte: Elaborada pelo autor.

CONCLUSÃO

O estudo confirmou que a implementação de medidas de eficientização energética em estações de bombeamento de água podem gerar benefícios ambientais e econômicos substanciais. A redução de 17 toneladas de CO_2 em um ano, destaca a importância de políticas e investimentos contínuos nesta área. deixando explícito que as ações de eficientização energética são tão importantes quanto a ampliação das energias provenientes de fontes renováveis, trazendo consigo impactos diretos na redução dos gases do efeito estufa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASCURRA, Rodrigo Esteves et al. Eficiência elétrica em iluminação pública utilizando tecnologia LED: um estudo de caso. 2013.
2. Brasil, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação do - https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2024/02/fator-de-emissao-de-co2-na-geracao-de-energia-eletrica-no-brasil-em-2023-e-o-menor-em-12-anos. Acesso em: 20 maio 2024.
3. BRASIL, Ministério das Minas e Energia do. Plano Nacional eficiência energética (PNEf) Disponível em: https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sntep/publicacoes/plano-nacional-de-eficiencia-energetica/documentos. Acesso em: 01 Mai. 2024.
4. EMPRESA, DE PESQUISA ENERGÉTICA. Plano nacional de energia 2030. Rio de Janeiro: EPE, v. 1, 2007.
5. GOMES, Heber P. Sistemas de bombeamento. João Pessoa, Editora Universitária UFPB, 2009.
6. IPCC AR6 WGII. “Summary for Policymakers”, in H.-O. Pörtner et al. (eds.). Climate Change 2022: impacts, adaptation, and vulnerability. Working Group II Contribution of to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2022.
7. IPCC AR6 WGIII. Jim Skea et al. Working Group III Contribution to the IPCC Sixth Assessment Report (AR6), 2022 . Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/chapter/summary-for-policymakers/. Acesso em: 24 abr. 2024.
8. IPCC, 2023: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001
9. MME, 2022. Balanço Energético Nacional, ano-base 2021. Ministério de Minas e Energia, www.mme.gov.br
10. NASCIMENTO, RODRIGO L. Política de eficiência energética no Brasil. Brasília: Consultoria Legislativa, 2015.
11. ROCHA, Vinícius Machado. Um breve comentário a respeito do IPCC AR6. ENTRE-LUGAR, v. 12, n. 24, p. 396-403, 2021.